

Bilan des volatils de Mars

Inventaire dans l'atmosphère

Atmosphère (CO_2)	0.007 Bar (mainly)
Masse	$1.0 \cdot 10^{16}$ kg

Phobos-2, ASPERA1 observations:
Pertes, O^+ , O_2^+ , CO_2^+ ... ≈ 1 kg/s

Echappement actuel =>
Disparition en ≈ 200 My

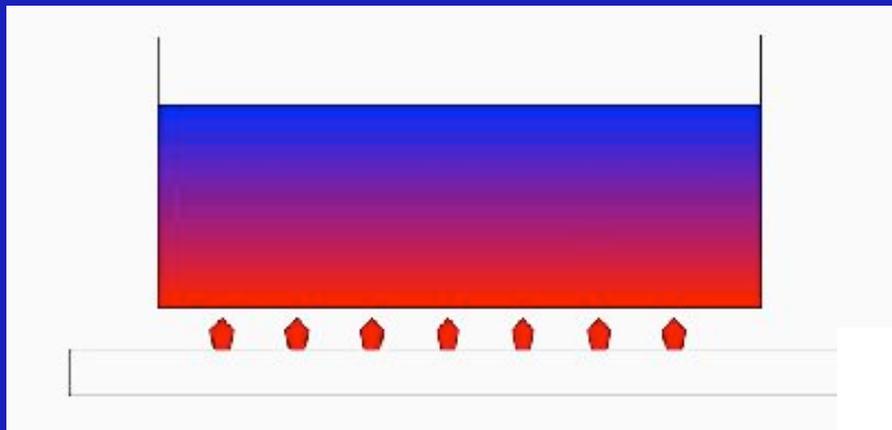
Où est la source d'atmosphère
secondaire?



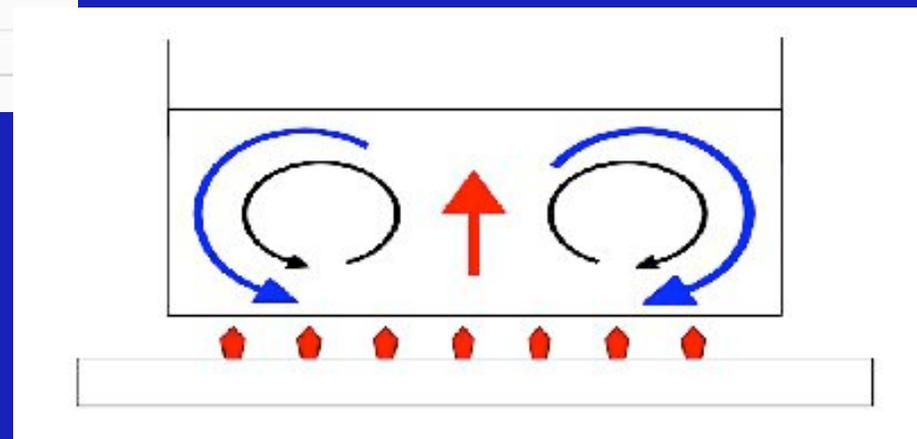
Convection et volcanisme: Mars

Mars doit évacuer la chaleur accumulée par tous les chocs de météorites lors de sa formation

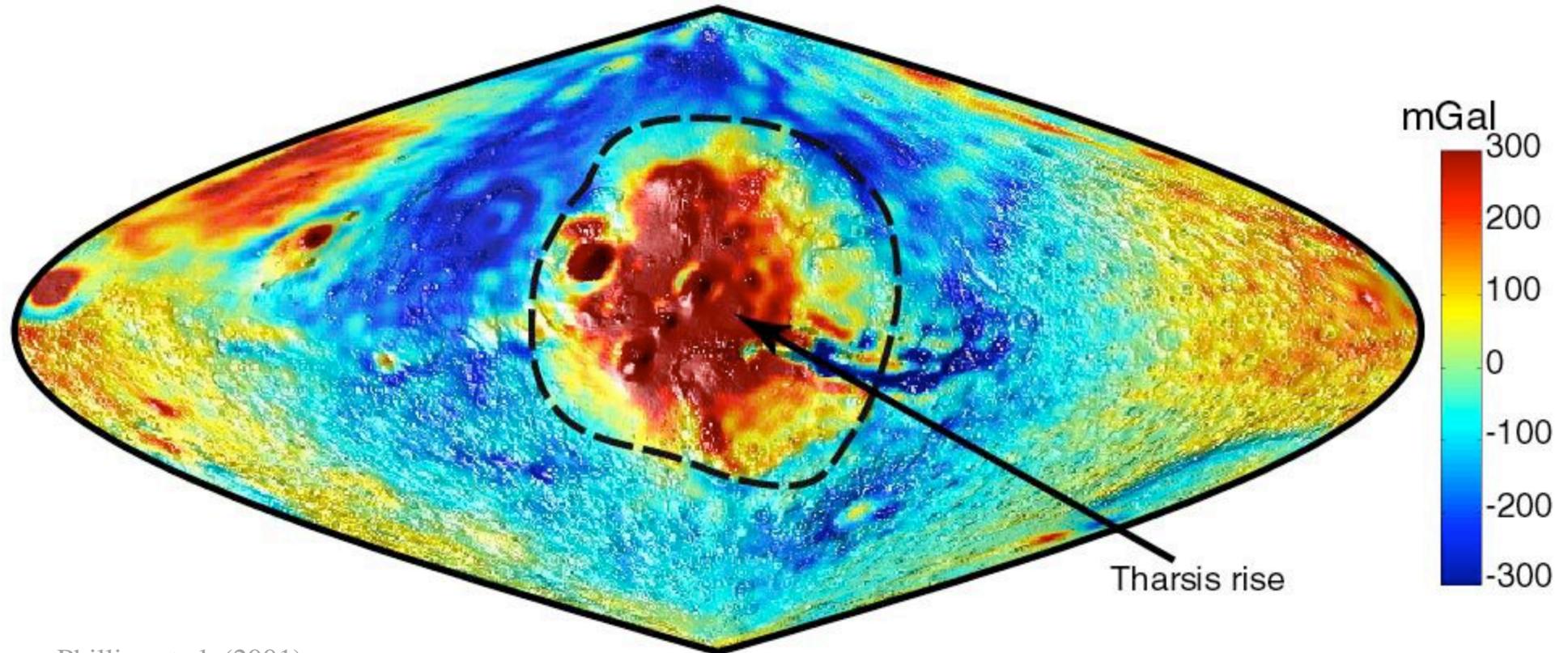
- En tombant au centre, le noyau augmente la chaleur libérée
- Chauffage par le bas.... Refroidissement par le haut



Dans une casserole...



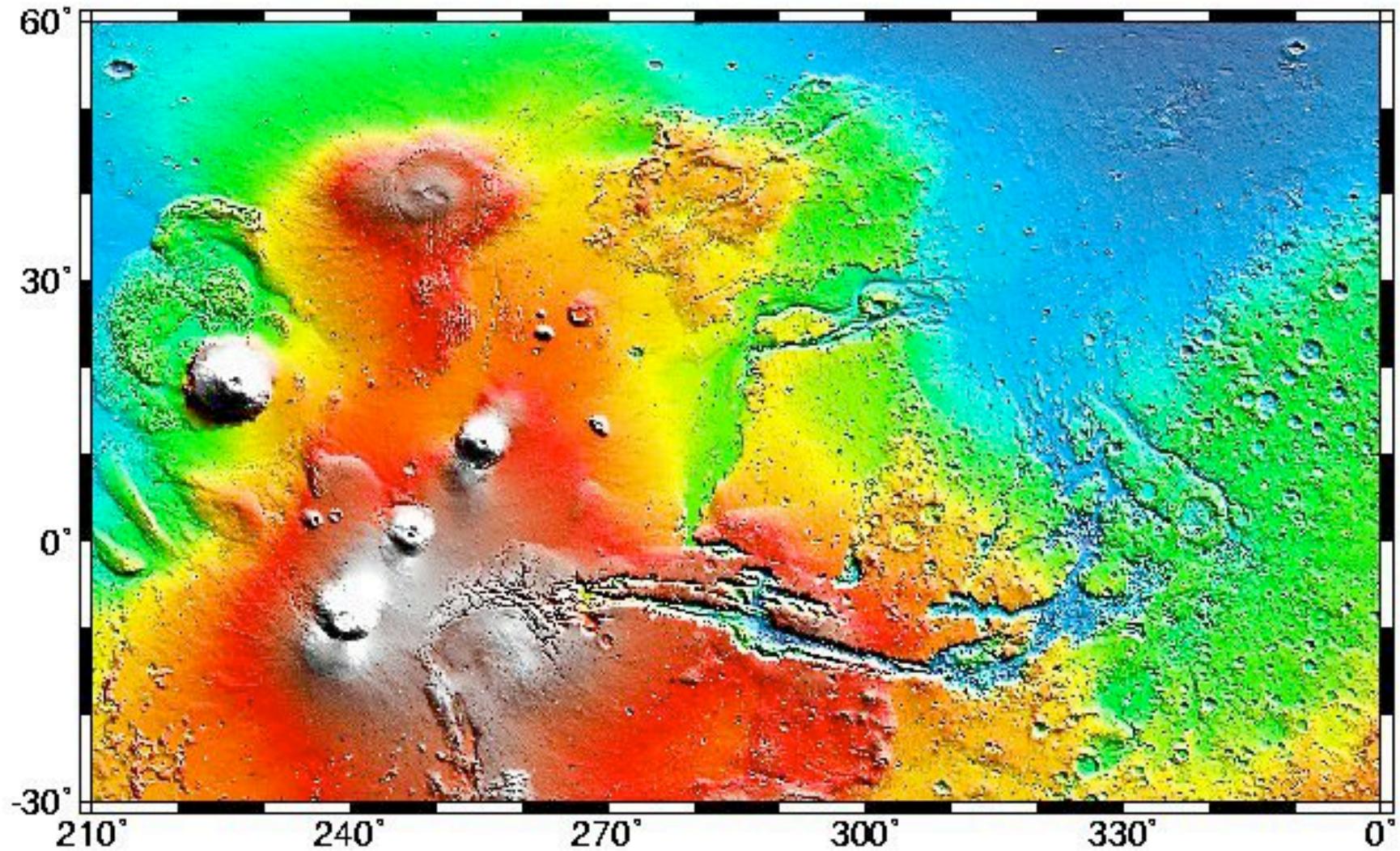
Convection primitive et formation de Tharsis



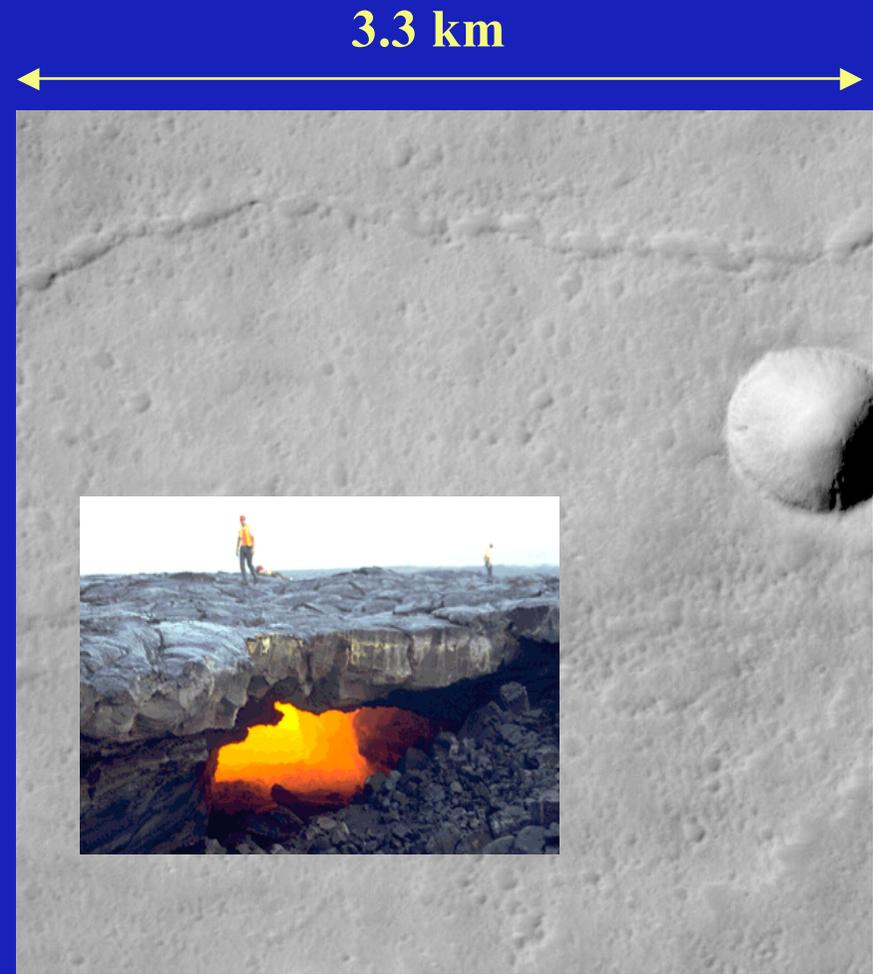
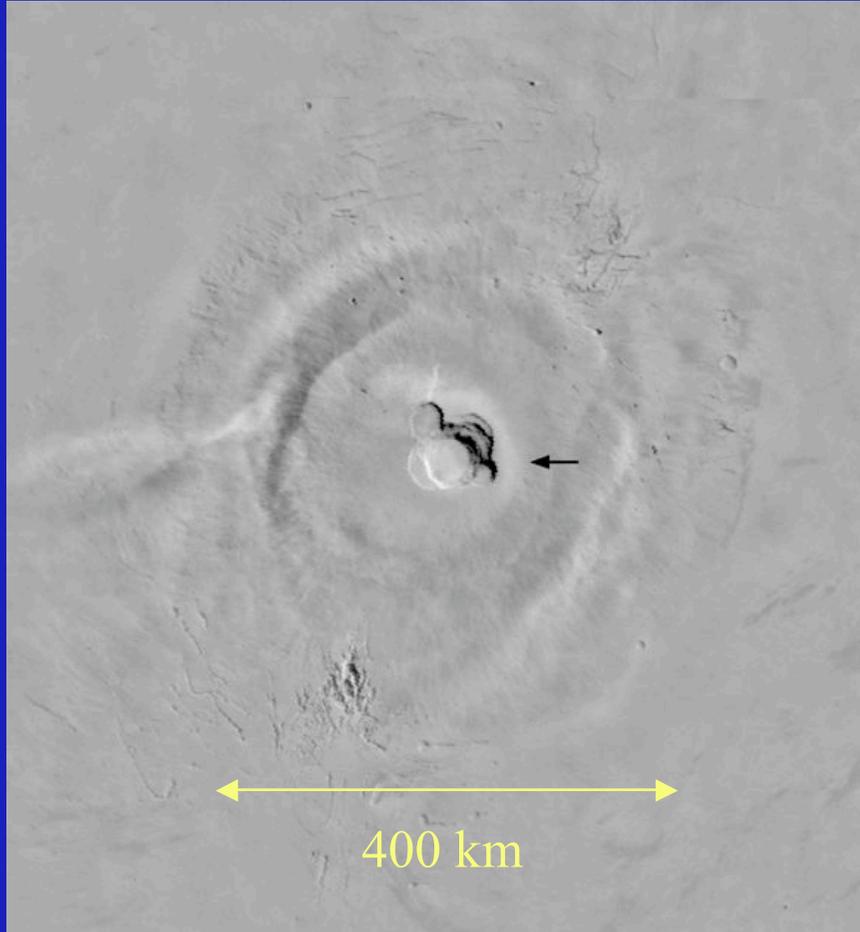
Phillips et al. (2001)

- ◆ Tharsis: 300 millions de kilomètre cube (10 000 fois le volcan de Hawaï, Mauna Kea)
- ◆ A l'échelle globale:
 - Charge de la croûte et de la lithosphère élastique
 - Dégazage avec une production de CO₂ moitié plus grande que celle de la Terre (1.5 bar) et assez d'eau pour recouvrir Mars de 120m d'eau

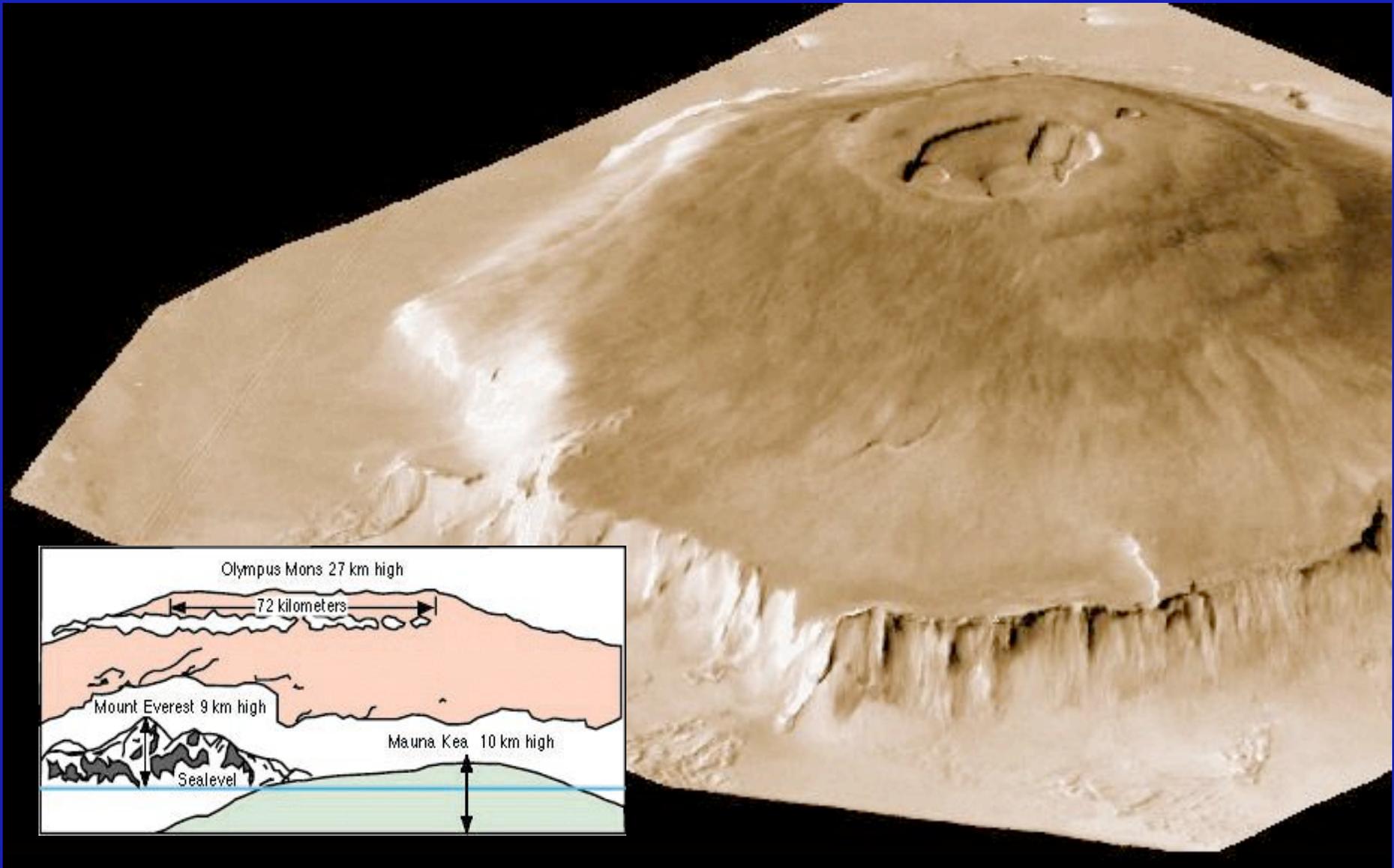
Tharsis et les volcans géants

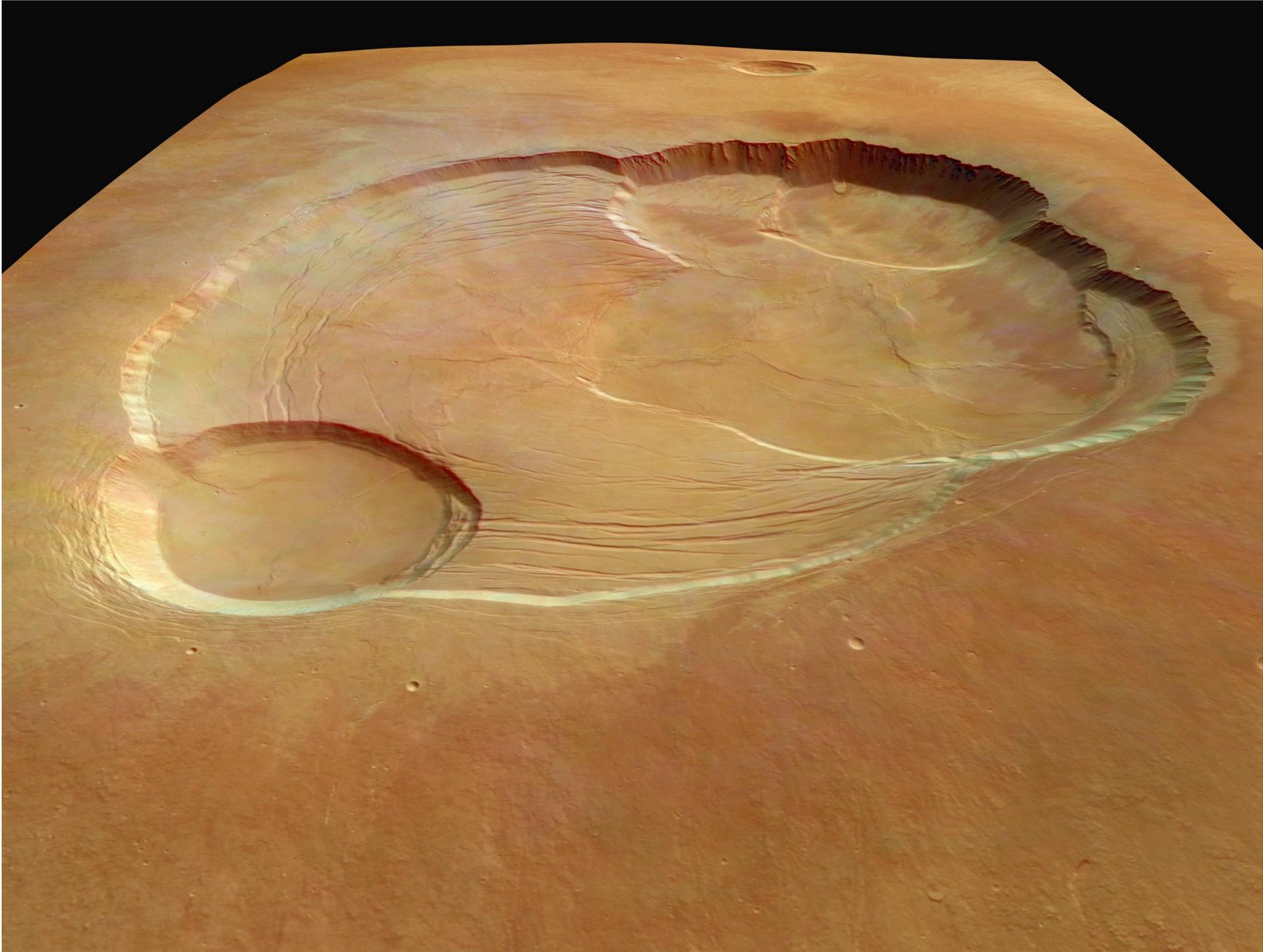


Ascraeus Mons



Le plus grand volcan du système solaire





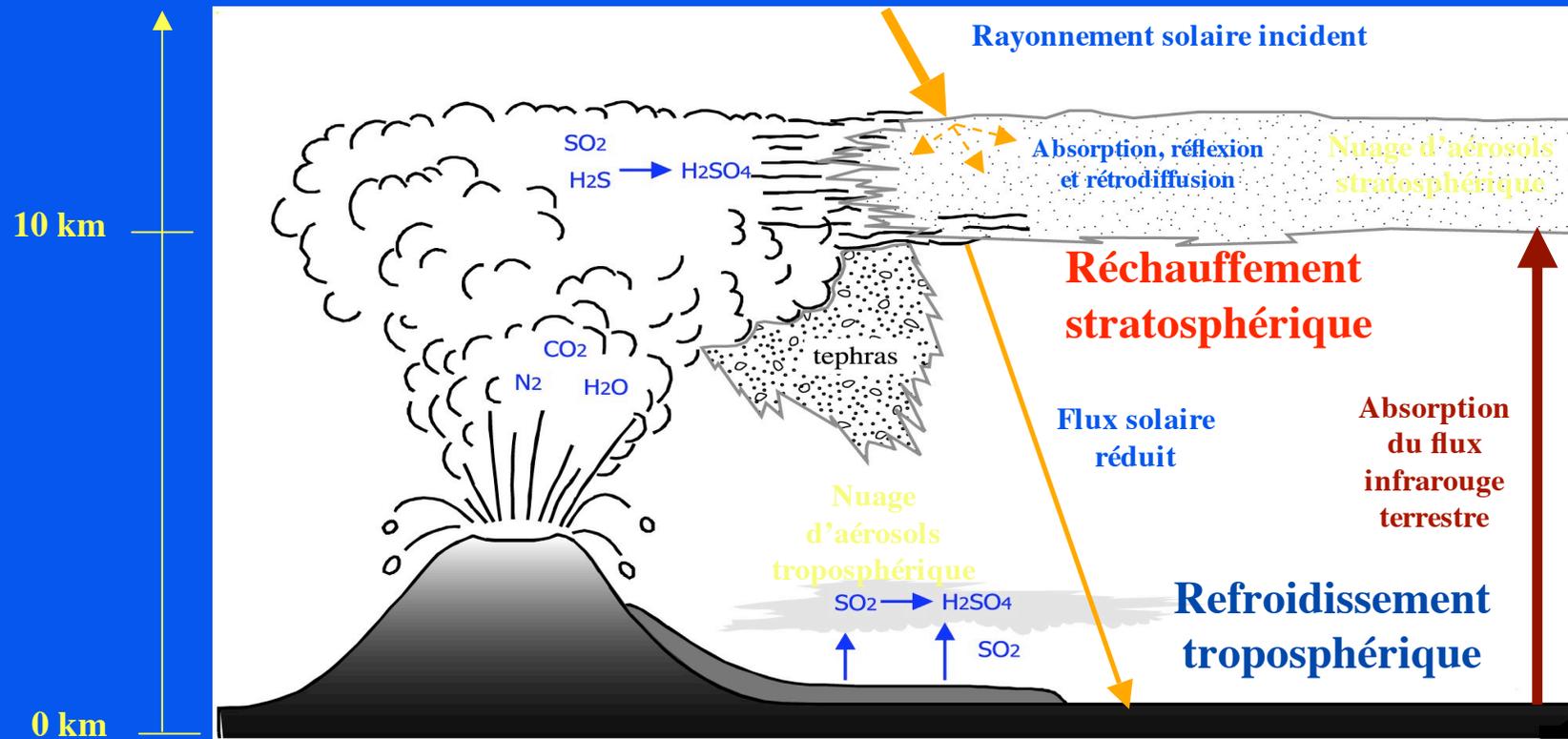
Le dégazage de l'atmosphère.. Et de l'eau



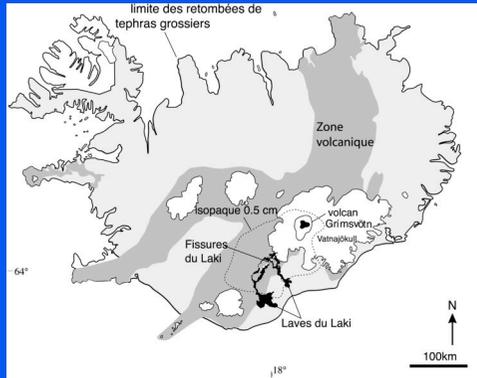
- ◆ 300 millions de kilomètre cube (10 000 fois le volcan de Hawaï)
- ◆ A l'échelle globale:
 - Produit assez de pour une pression atmosphérique en CO_2 moitié plus grande que celle de la Terre (1.5 bar)
 - Produit assez d'eau pour recouvrir Mars de 120m d'eau
- ◆ Tharsis fut peut être à l'origine de la période humide et chaude de Mars
- ◆ Ruissellement et pluie
 - transfert de l'eau dans la subsurface très poreuse (les quelques kilomètres sous la surface)
 - ruissellement puis rivières

éruption volcanique et l'atmosphère

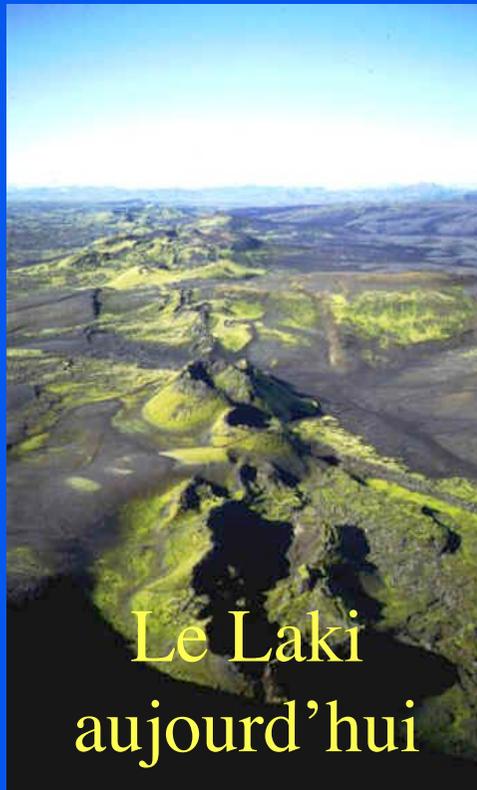
- Composition chimique modifiée par l'injection de gaz et de particules (CO_2 , H_2O , SO_2 , HCl , tephra...)
- Modification du transfert radiatif



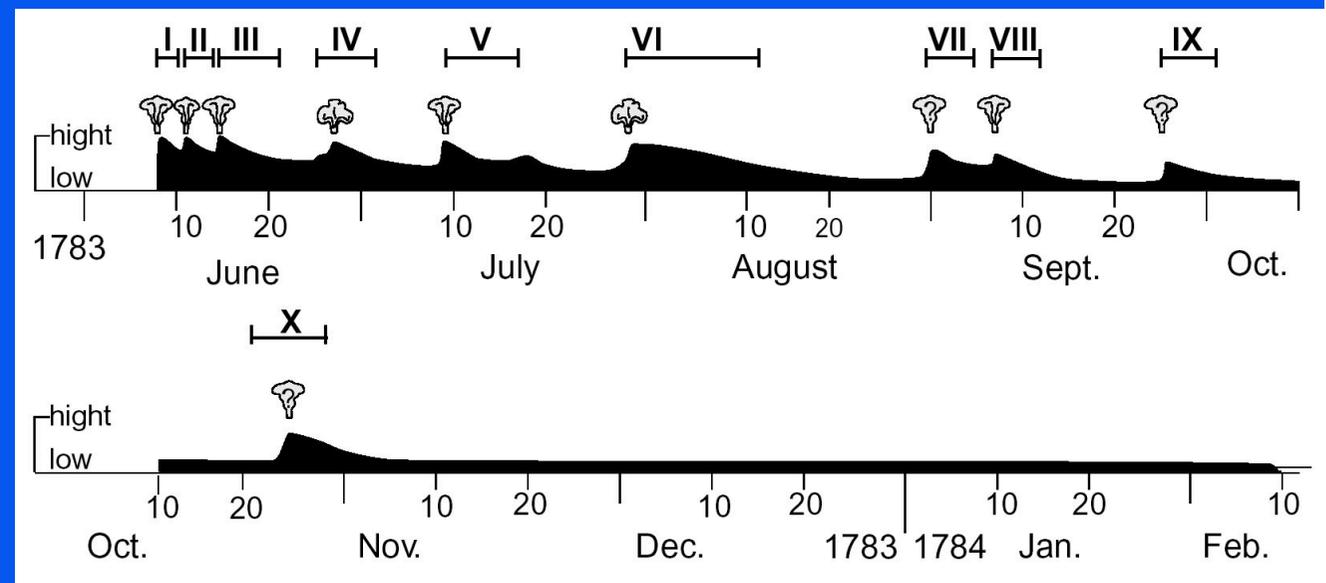
L'éruption du Laki en 1783-1784



15 km³ de coulées basaltiques
122 Mt de dioxyde de soufre
=> 250 Mt de H₂SO₄
=> 16 Mt H₂SO₄ /km³



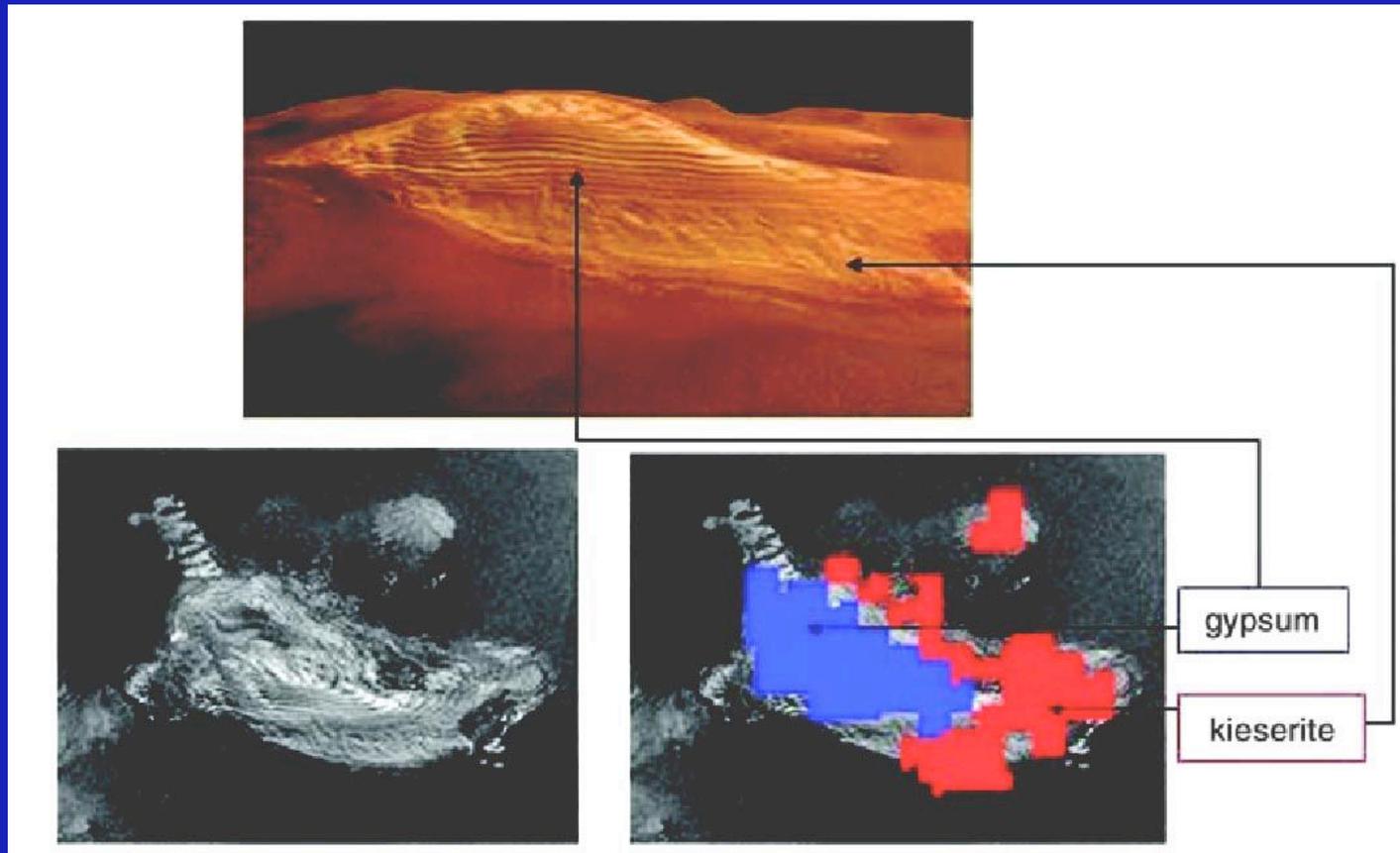
1100 Mt de téphras
Durée de Juin 1783 à Février 1784



(d'après Thordarson et Self, 2003)

Mais aussi beaucoup de SO_2

- ◆ Des gisements massifs de Gypse (sulfates de calcium) et de kiesérite (sulfates de magnésium)
- ◆ Pas de carbonates (disparaissent dans l'eau acide)





**Roches tapissées
de sulfate
observées de
près par le
robot NASA
Opportunité
(février 2004)**



des dépôts
massifs de
sulfates
(Spirit, 23
Mars2006)

Acidité de l'eau

Typiquement $16 \text{ Mt H}_2\text{SO}_4 / \text{km}^3$

Production d'eau $\sim 0.06 \text{ km}^3 / \text{km}^3$

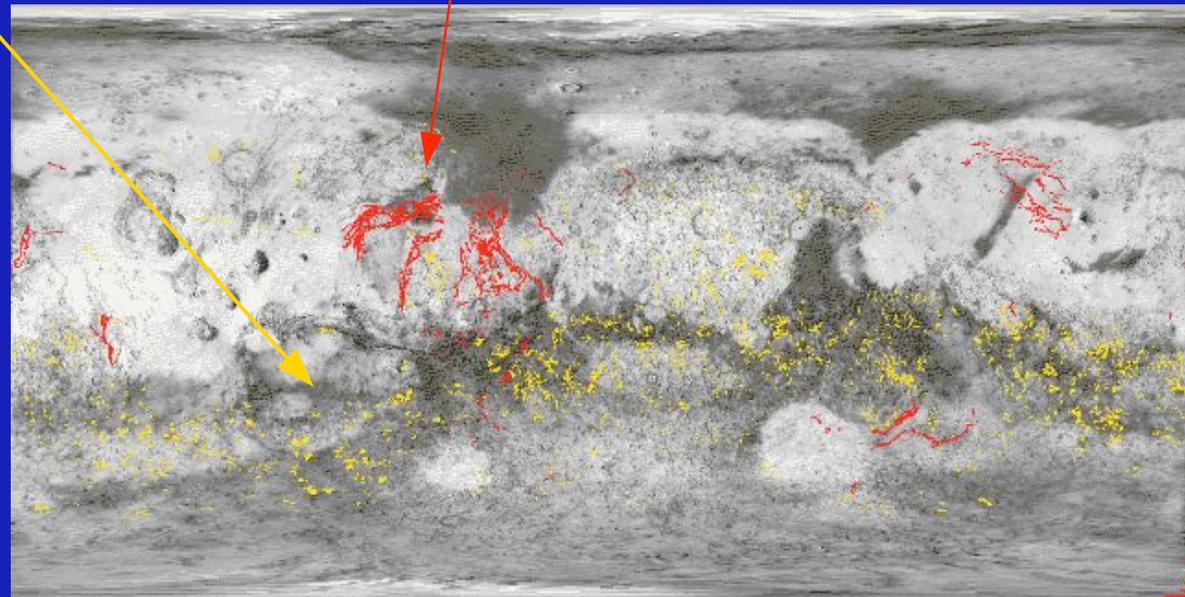
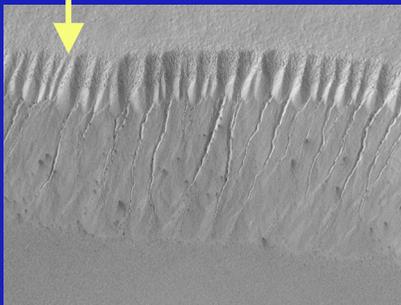
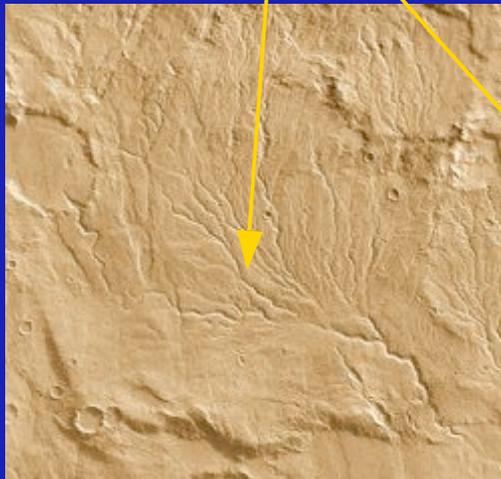
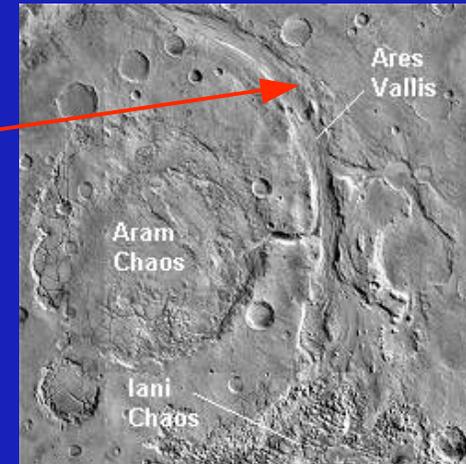
Acidité $\sim 2 * 16 * 10^9 / 0,98 \text{ moles km}^3$
 $\sim 0,06 * 10^{12} \text{ litres}$

Ph ~ 2

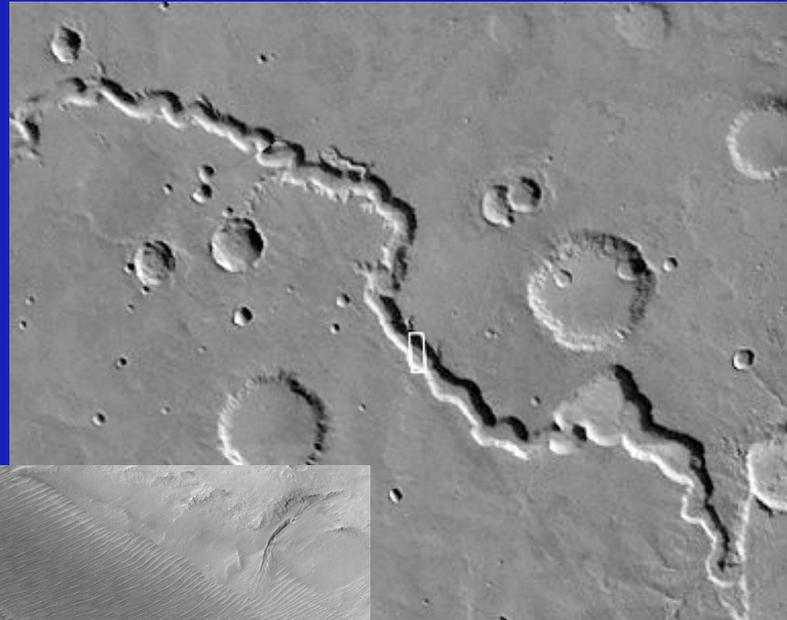
Rivières, vallées de débâcle et ravines

Trois systèmes bien différents:

- des vallées de débâcle, façonnées par de brutales inondations
- des rivières
- des petites traces de ravinement



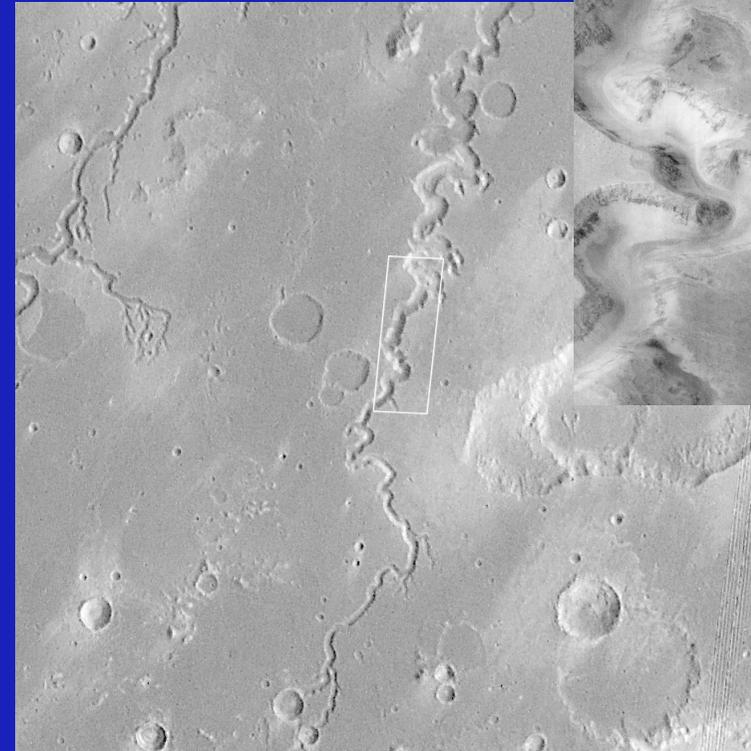
Les réseaux de vallées



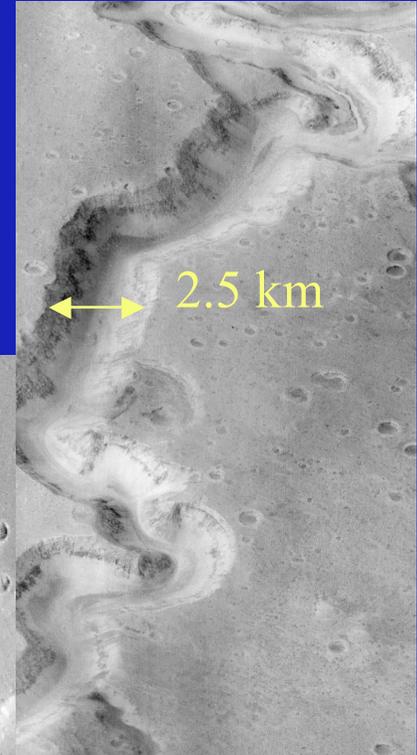
Nirgal Valles



3 km



Nanedi Valles



2.5 km

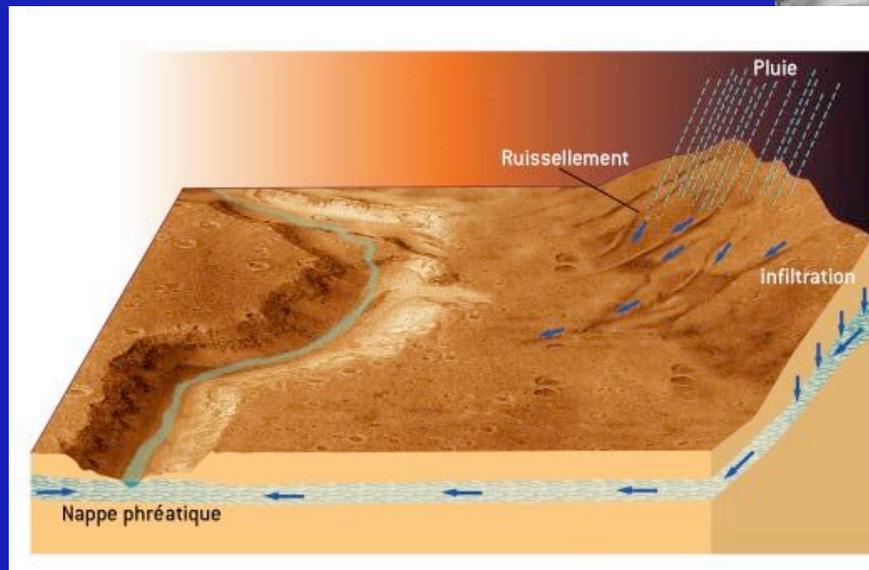
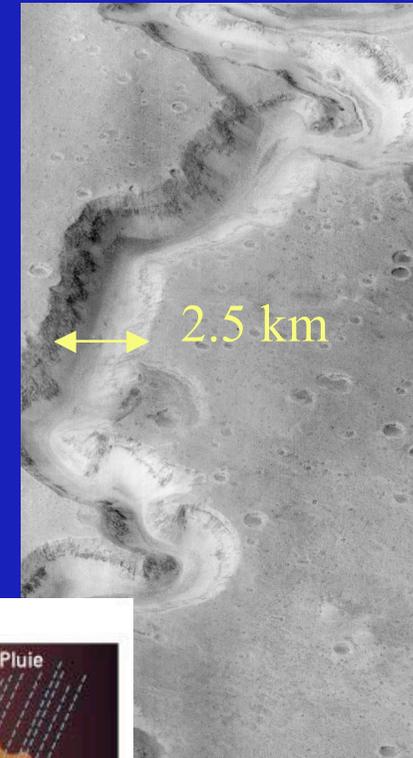
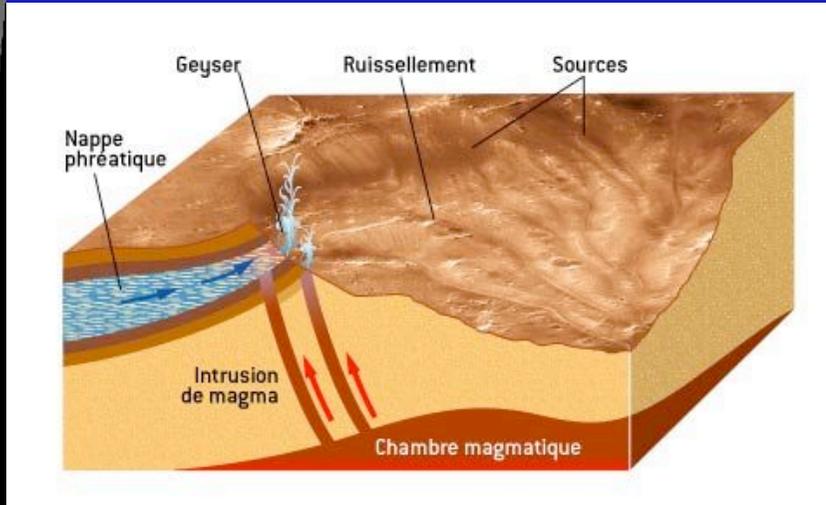
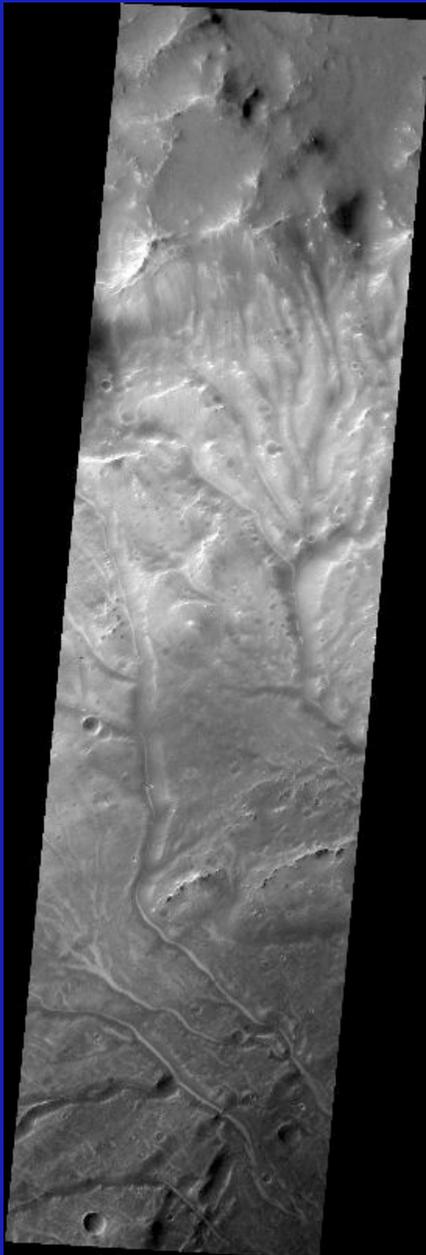




MARS

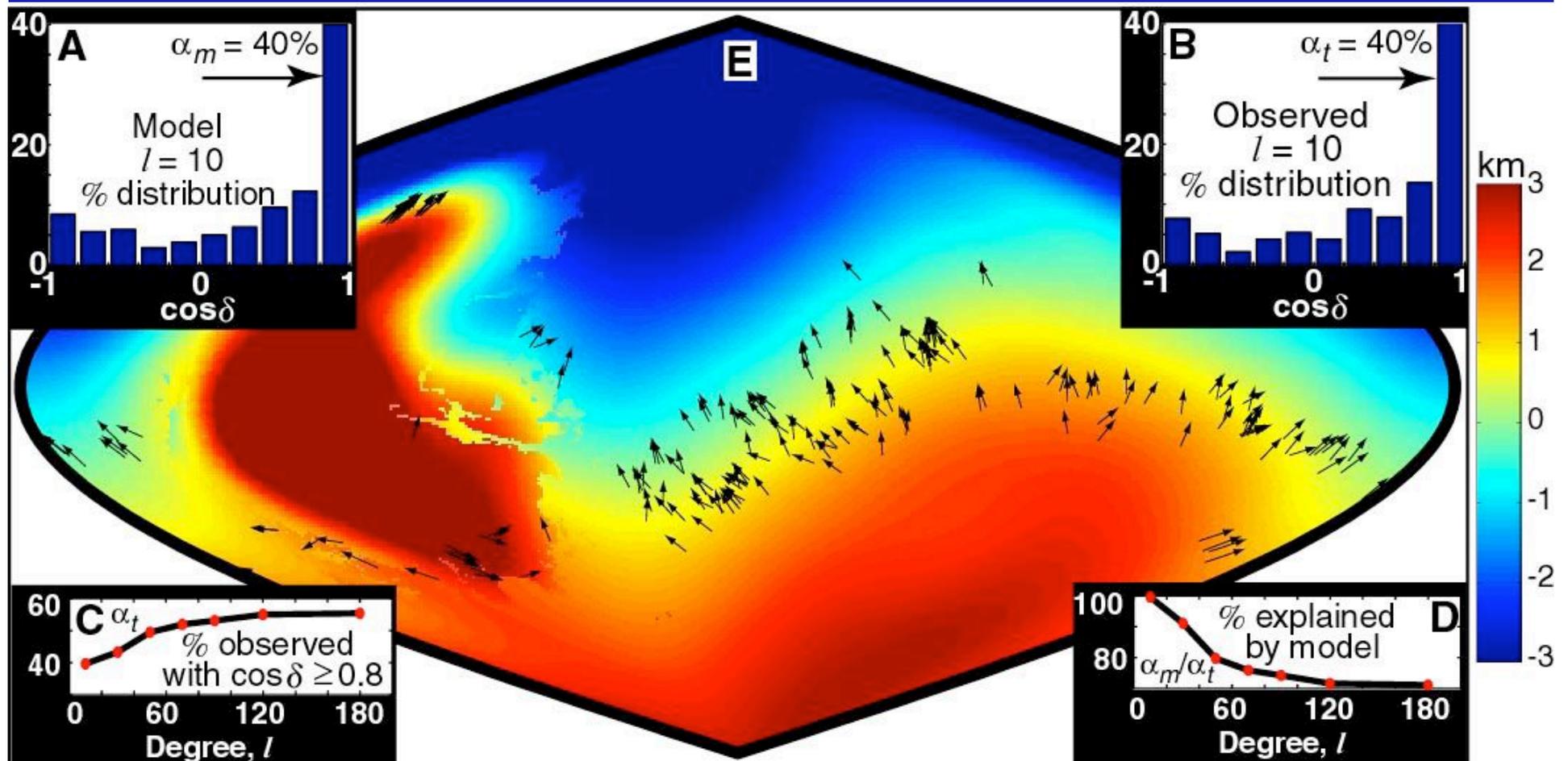
← TERRE

Les réseaux de vallées



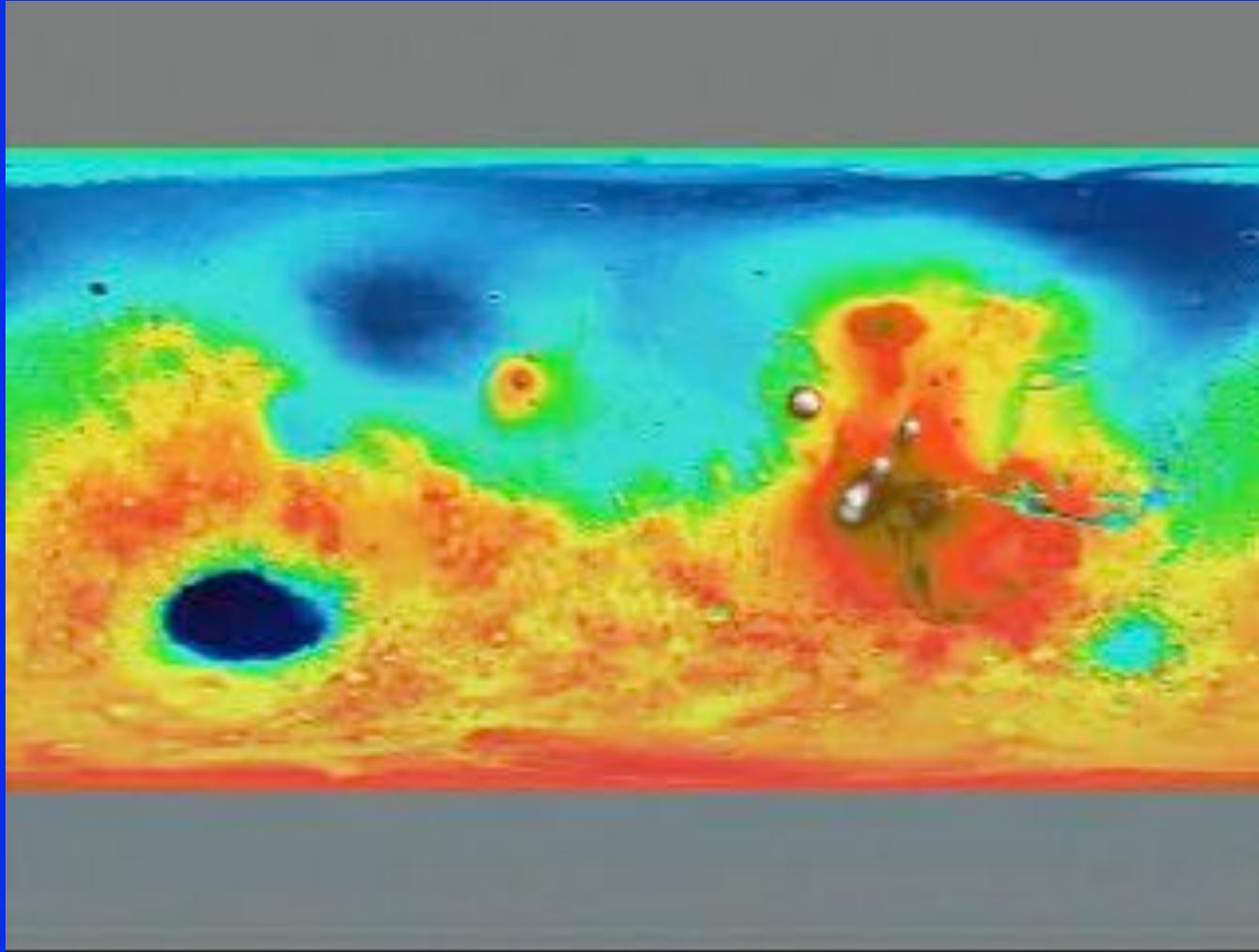
Nanedi
Valles

Tharis et les réseaux de rivières

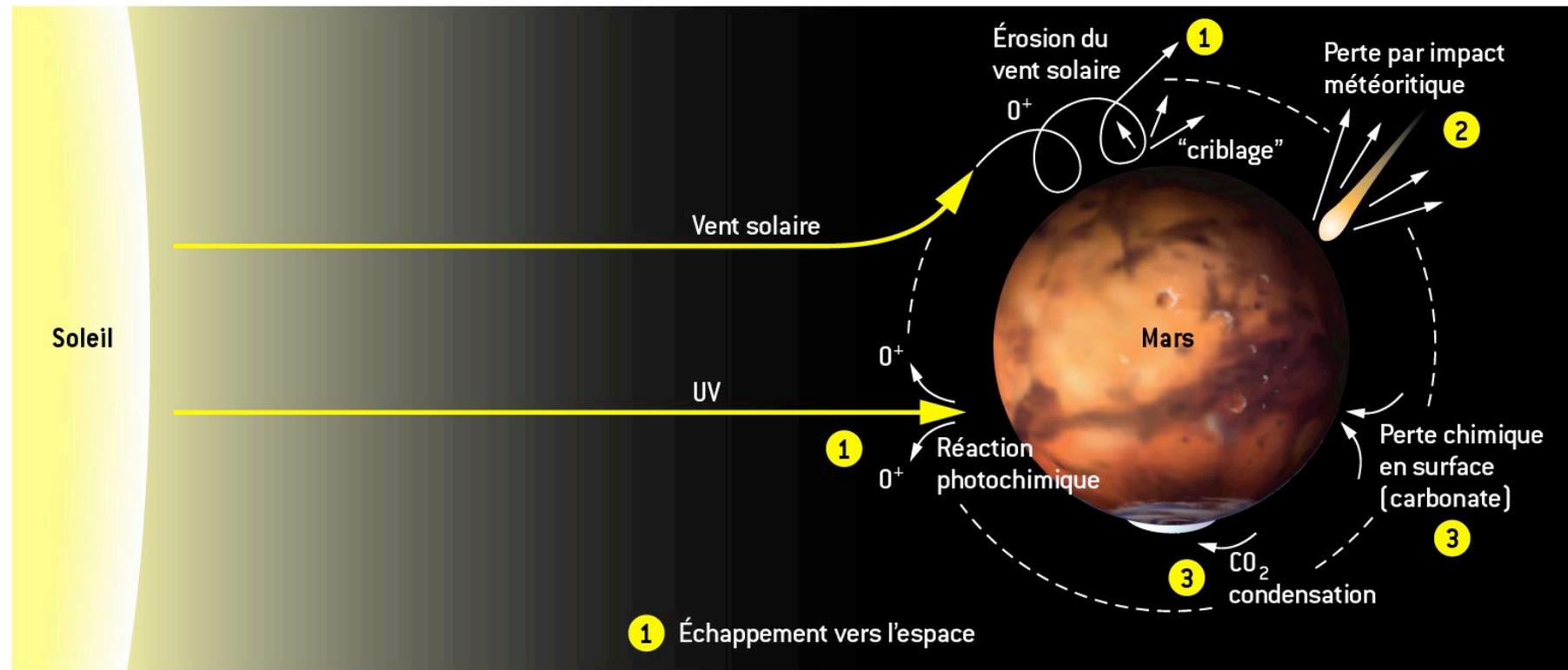


- Alignement des réseaux de rivières le long des pentes de Tharsis!
- Même si la surface de Tharsis est jeune, le plateau est donc ancien et à du être formé dans les premiers 500 Millions d'années de la planète

Topographie de la planète Mars



Où est partie l'atmosphère?

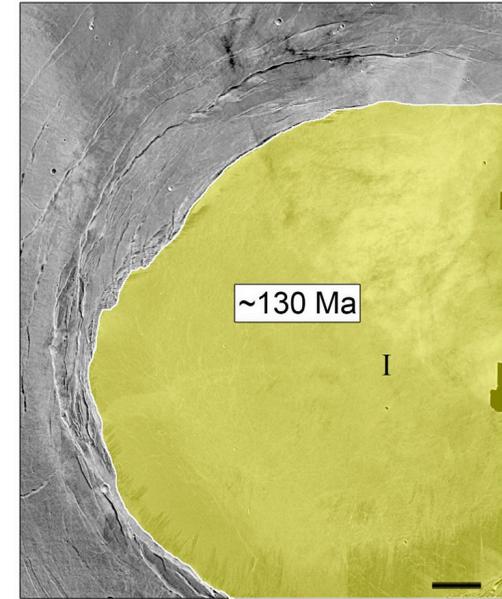
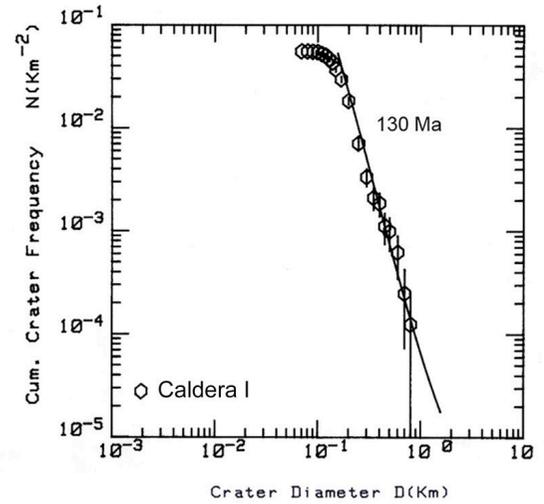
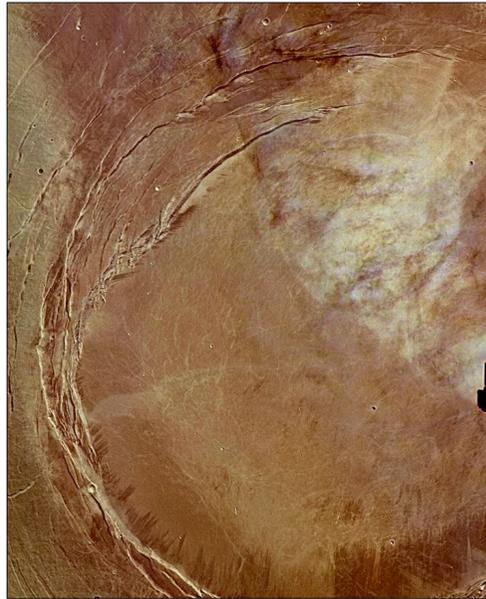


Bilan possible pour Mars

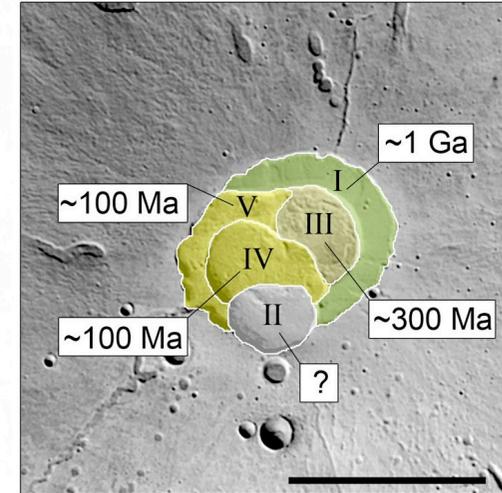
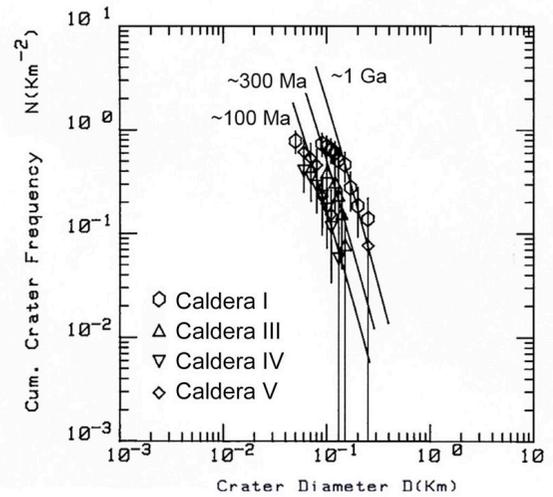
- ◆ 50%-80% de l'atmosphère a peut être été perdue lors du bombardement massif
- ◆ Abrasion du vent solaire aurait pu arracher ~1 bar d'atmosphère,

Hecates Tholus

Arsia
Mons



Hecates
Tholus



Neukum et al., 2004

